

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**



2FW



## PATENT APPLICATION

### IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of

Docket No: Q80066

Denis PENNINCKX, et al.

Appln. No.: 10/787,132

Group Art Unit: 2633

Confirmation No.: 4663

Examiner: Not Assigned

Filed: February 27, 2004

For: METHOD OF ASSIGNING CARRIER FREQUENCIES IN AN OPTICAL  
TRANSMISSION NETWORK

### SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

, Submitted herewith is a certified copy of the priority document on which a claim to  
priority was made under 35 U.S.C. § 119. The Examiner is respectfully requested to  
acknowledge receipt of said priority document.

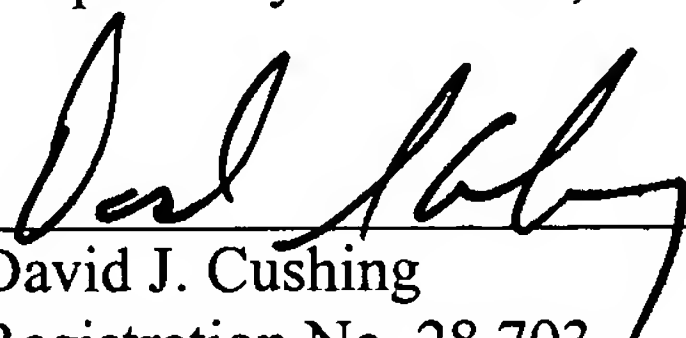
SUGHRUE MION, PLLC  
Telephone: (202) 293-7060  
Facsimile: (202) 293-7860

WASHINGTON OFFICE

**23373**

CUSTOMER NUMBER

Respectfully submitted,

  
David J. Cushing  
Registration No. 28,703

Enclosures: **France 0302444**

Date: June 14, 2004





# BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

10/787132

Penninckx  
et al

## COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le **1 8 FEV. 2004**

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

SIEGE  
26 bis, rue de Saint Petersburg  
75800 PARIS cedex 08  
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04  
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23  
www.inpi.fr



**REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 1/2**

26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08  
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 94 86 54

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DE 540 W / 260899

<b>REMISE DES PIÈCES</b> DATE <b>28 FEV 2003</b> LIEU <b>75 INPI PARIS</b> N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI <b>0302444</b> DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE <b>28 FEV. 2003</b> PAR L'INPI		<b>1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE</b> À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE COMPAGNIE FINANCIERE ALCATEL Département PI Michel Robert FOURNIER 5, rue Noël Pons 92734 Nanterre Cedex	
<b>Vos références pour ce dossier</b> (facultatif) 104298/RF/OTND/TPM		<b>28</b>	
<b>Confirmation d'un dépôt par télécopie</b> <input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie			
<b>2 NATURE DE LA DEMANDE</b>		<b>Cochez l'une des 4 cases suivantes</b>	
Demande de brevet		<input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>	
<i>Demande de brevet initiale</i> <i>ou demande de certificat d'utilité initiale</i>		N° _____ Date ____/____/____ N° _____ Date ____/____/____	
Transformation d'une demande de brevet européen <i>Demande de brevet initiale</i>		<input type="checkbox"/> N° _____ Date ____/____/____	
<b>3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)</b> PROCEDE D'ATTRIBUTION DE FREQUENCES PORTEUSES DANS UN RESEAU DE TRANSMISSION OPTIQUE			
<b>4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ</b> <b>OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE</b> <b>LA DATE DE DÉPÔT D'UNE</b> <b>DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE</b>		Pays ou organisation _____ N° _____ Date ____/____/____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date ____/____/____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date ____/____/____ <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
<b>5 DEMANDEUR</b>		<input type="checkbox"/> S'il y a d'autres demandeurs, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
Nom ou dénomination sociale		ALCATEL	
Prénoms			
Forme juridique		Société Anonyme	
N° SIREN		5.4.2.0.1.9.0.9.6	
Code APE-NAF			
Adresse	Rue	54, rue La Boétie	
	Code postal et ville	75008 PARIS	
Pays		FRANCE	
Nationalité		Française	
N° de téléphone (facultatif)			
N° de télécopie (facultatif)			
Adresse électronique (facultatif)			

# BREVET D'INVENTION

## CERTIFICAT D'UTILITÉ

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 2/2



Réservé à l'INPI

REMISE DES PIÈCES

DATE

LIEU

28 FEV 2003

75 INPI PARIS

N° D'ENREGISTREMENT

0302444

NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI

DB 540 W / 260899

Vos références pour ce dossier :  
(facultatif)

104298/RF/OTND/TPM

18

**6 MANDATAIRE**

Nom

FOURNIER

Prénom

Michel Robert

Cabinet ou Société

Compagnie Financière Alcatel

N° de pouvoir permanent et/ou  
de lien contractuel

PG 9222

Adresse

Rue

5, rue Noël Pons

Code postal et ville

92734

NANTERRE Cedex

N° de téléphone (facultatif)

N° de télécopie (facultatif)

Adresse électronique (facultatif)

**7 INVENTEUR (S)**

Les inventeurs sont les demandeurs

☐ Oui☒ Non

Dans ce cas fournir une désignation d'inventeur(s) séparée

**8 RAPPORT DE RECHERCHE**

Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)

Établissement immédiat  
ou établissement différé

☒☐

Paiement échelonné de la redevance

Paiement en trois versements, uniquement pour les personnes physiques

☐ Oui☒ Non**9 RÉDUCTION DU TAUX  
DES REDEVANCES**

Uniquement pour les personnes physiques

☐ Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition)☐ Requête antérieurement à ce dépôt (joindre une copie de la décision d'admission pour cette invention ou indiquer sa référence):

Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite»,  
indiquez le nombre de pages jointes

**10 SIGNATURE**  
~~DU DEMANDEUR~~  
**DU MANDATAIRE**  
(Nom et qualité du signataire)

Michel Robert FOURNIER / LC 40 B

VISA DE LA PRÉFECTURE  
OU DE L'INPI



## Procédé d'attribution de fréquences porteuses dans un réseau de transmission optique

L'invention se situe dans le domaine des réseaux de transmission optique et plus précisément des réseaux utilisant le multiplexage en longueur d'onde. Elle concerne principalement un procédé pour attribuer aux signaux à transmettre des fréquences porteuses utilisables dans un tel réseau.

10 Il est rappelé que les réseaux optiques sont essentiellement constitués de nœuds reliés entre eux par des liaisons optiques. Un nœud est souvent relié à plusieurs autres nœuds et intègre alors des fonctions de routage pour aiguiller sélectivement les signaux reçus de liaisons amont  
15 vers d'autres liaisons aval en fonction des destinations respectives des signaux. Certains nœuds ont des fonctions d'accès permettant l'introduction de signaux dans le réseau et/ou l'extraction de signaux à partir du réseau.

Dans les réseaux mettant en œuvre le multiplexage en longueur d'onde, habituellement désigné par WDM (de l'anglais "Wavelength Division Multiplexing"), ou encore appelé "multiplexage par répartition de fréquences optiques", les signaux véhiculés dans les liaisons sont des signaux multiplex WDM constitués de plusieurs composantes  
25 portées respectivement par des fréquences optiques distinctes. Un signal multiplex WDM est donc formé d'une combinaison de signaux optiques constitués chacun d'une onde porteuse optique modulée en fonction de l'information à émettre. Chaque fréquence optique (ou la longueur d'onde  
30 correspondante) d'une onde porteuse définit ainsi un canal WDM correspondant. Dans la suite de l'exposé, nous désignerons les canaux indifféremment par leurs fréquences optique  $f$  ou par leurs longueurs d'onde  $\lambda$ , sachant que ces deux grandeurs sont liées par la relation  $f = c/\lambda$ , où  $c$  est  
35 la vitesse de la lumière dans le vide.

Dans le cas des réseaux WDM, et selon une première possibilité, les nœuds peuvent être équipés de dispositifs de régénération agissant séparément sur chaque canal des multiplex WDM reçus pour effectuer une remise en forme et  
5 une resynchronisation. Le réseau qui est alors dit "opaque" présente l'avantage de pouvoir assurer une qualité minimale de transmission fixée pour tous les itinéraires susceptibles d'être suivis par les différents canaux. En contrepartie, la présence des régénérateurs a une incidence sur le coût du  
10 réseau qui est d'autant plus importante que le nombre de canaux WDM est élevé.

Une autre solution moins coûteuse consiste à concevoir un réseau démunie de dispositifs de régénération individuelle des canaux. Un tel réseau qui est alors dit "transparent"  
15 peut toutefois comporter des amplificateurs optiques disposés pour amplifier simultanément les canaux des multiplex WDM transmis. Un compromis peut aussi consister à réaliser un réseau mixte où certaines liaisons seulement sont munies de régénérateurs.

20 Dans un réseau transparent (ou dans la partie transparente d'un réseau mixte), les liaisons entre deux nœuds, directes ou indirectes par l'intermédiaire d'autres nœuds, sont elles-mêmes transparentes et doivent être en moyenne plus courtes que dans un réseau opaque car, malgré  
25 la présence éventuelle d'amplificateurs, les dégradations des signaux augmentent avec la distance de transmission. Un réseau transparent offre par conséquent moins de souplesse de conception et d'utilisation.

Par ailleurs, il a été observé que la qualité de  
30 transmission d'un signal optique est notamment dépendante de la fréquence optique de l'onde portant le signal.

Par exemple, dans la bande dite C couvrant les longueurs d'onde comprises entre 1530 et 1560 nm, on observe que les basses longueurs d'onde sont moins "efficaces",  
35 c'est-à-dire permettent des qualités de transmission qui sont inférieures en moyenne à celles observées avec des

longueurs d'onde plus élevées. En effet, aux basses longueurs d'onde, notamment les pertes dans les fibres sont plus élevées, le bruit introduit par les amplificateurs classiques est plus important et les effets non linéaires  
5 sont renforcés.

Tant qu'on utilise dans un réseau transparent des fréquences porteuses appartenant à une bande de fréquences relativement étroites, ce phénomène reste marginal. Mais il n'est pas sans conséquences dès lors que la bande de  
10 fréquences utilisables devient de plus en plus large.

Pour tenir compte de ce phénomène, le plus simple consiste à dimensionner le réseau (longueurs des liaisons, gains des amplificateurs) en fonction des fréquences porteuses les moins efficaces. Mais cela signifie que le  
15 réseau est surdimensionné à l'égard des autres fréquences.

On peut aussi imaginer diverses mesures de compensation telles que l'utilisation d'amplificateurs spécifiques à gain renforcé aux basses longueurs d'onde ou une gestion de la dispersion chromatique visant à égaliser  
20 les performances de transmission des différentes longueurs d'onde de la bande utilisée. Ces solutions entraînent toutefois un surcoût ou une utilisation des ressources du réseau qui n'est pas optimale.

Aussi l'invention a pour but d'améliorer l'utilisation  
25 des ressources d'un réseau de type transparent ou du moins partiellement transparent.

En analysant plus en détail les conditions d'exploitation des réseaux transparents, il ressort aussi que les signaux à transmettre n'imposent pas des contraintes  
30 de transmission uniformes. Par exemple, la distance de transmission sans régénération varie d'un signal à l'autre selon la destination du signal et l'itinéraire choisi pour l'atteindre. De même, dans certains réseaux il peut y avoir plusieurs débits de transmission selon les signaux  
35 considérés. Ou encore, on peut prévoir différentes classes de service attribuables aux signaux, ces classes imposant

respectivement différentes valeurs maximales admissibles de taux d'erreurs entachant les signaux reçus après transmission.

Ainsi, dans un réseau transparent, on observe d'une part que les contraintes de transmission sont variables en fonction des signaux, et d'autre part que la qualité de transmission d'un signal optique est dépendante de la fréquence de l'onde porteuse. Au lieu de chercher à compenser les différences d'efficacité des ondes porteuses selon leurs fréquences, l'invention vise une autre approche plus économique qui consisterait au contraire à mettre en adéquation les efficacités différentes des fréquences porteuses aux contraintes différentes des signaux à transmettre, c'est-à-dire à établir une règle pour attribuer les fréquences les plus efficaces aux signaux les plus contraignants, et réciproquement.

Une telle règle d'attribution peut être élaborée si on peut définir au préalable d'une part une mesure de l'efficacité des fréquences et d'autre part une mesure du caractère "contraignant" des signaux. Pour définir ces notions, il convient de pouvoir les rattacher à des paramètres mesurables intervenant dans les transmissions par des liaisons transparentes.

Un paramètre déterminant est la qualité d'une transmission d'un signal qui est directement mesurable par une détermination du taux d'erreurs que présente un signal reçu après transmission. Cette qualité est conditionnée d'une part par des paramètres physiques liés à la liaison tels que sa longueur, le type de fibre utilisée, les caractéristiques des amplificateurs. Elle dépend d'autre part de paramètres liés aux propriétés physiques du signal. Ces propriétés physiques sont conditionnées par le spectre du signal, donc par sa fréquence porteuse et son débit comme déjà mentionné, mais aussi par son format de modulation. La qualité de transmission d'un signal dépend aussi de son environnement, c'est-à-dire de la présence et de la nature

d'autres signaux portés par des fréquences voisines et transmis simultanément.

Concernant l'efficacité d'une fréquence donnée, elle peut être évaluée à partir de la moyenne des valeurs de taux d'erreurs que présentent dans le réseau considéré les signaux reçus après transmissions et portés par cette fréquence.

Quant au caractère contraignant d'un signal, il peut être la résultante de plusieurs paramètres liés à chaque signal à transmettre et que nous désignerons dans la suite par "paramètres de contrainte de transmission". La distance de transmission, le débit, la valeur maximale de taux d'erreurs sont des exemples de tels paramètres. Cette résultante, appelée "niveau de contrainte", sera donc une fonction des divers paramètres de contrainte de transmission pouvant être attribués à un signal.

Après avoir défini l'efficacité d'une fréquence et la fonction permettant d'évaluer les niveaux de contrainte des signaux, il devient possible d'établir une correspondance biunivoque entre chaque fréquence et un niveau de contrainte que cette fréquence pourrait assumer. Mais en pratique pour autoriser une certaine flexibilité dans l'attribution à tout signal d'une fréquence adaptée, il convient de constituer un nombre limité prédéfini  $N$  de classes ou ensembles de fréquences tels que chaque classe regroupe les fréquences dont les efficacités se situent dans une plage de valeurs données, donc dont les valeurs de taux d'erreurs moyens se situent aussi dans une plage de valeurs données. La fonction des paramètres de contrainte mentionnée ci-dessus peut donc être considérée comme une fonction étagée pouvant prendre  $N$  valeurs distinctes, dites valeurs de contrainte, qui seront alors associées aux  $N$  ensembles de fréquences.

Les considérations précédentes vont alors permettre de définir plus précisément le procédé selon l'invention pour attribuer les fréquences porteuses aux signaux.



En résumé, l'invention a pour objet un procédé pour attribuer des fréquences optiques porteuses à des signaux à transmettre dans un réseau de transmission optique utilisant le multiplexage par répartition de fréquences optiques, lesdites fréquences appartenant à un peigne de fréquences optiques, les signaux reçus après transmissions dans ledit réseau et portés par une fréquence porteuse donnée présentant un taux d'erreurs moyen qui dépend de ladite fréquence porteuse donnée, un ou plusieurs paramètre(s) de contrainte de transmission étant associé(s) à tout signal à transmettre, caractérisé en ce qu'il consiste :

- à associer N ensembles de fréquences optiques du peigne respectivement à N plages de valeurs consécutives de taux d'erreurs, chacun de ces ensembles étant constitué de fréquences assurant un taux d'erreurs moyen compris dans la plage associée,
- à définir une mesure de niveau de contrainte de transmission des signaux, cette mesure étant fonction dudit ou desdits paramètre(s) de contrainte de transmission et pouvant prendre N valeurs distinctes, dites valeurs de contrainte,
- à associer ces N valeurs de contrainte prises par ordre croissant respectivement auxdits N ensembles de fréquences pris par ordre décroissant des valeurs de taux d'erreurs des N plages associées,
- à affecter à tout signal à transmettre une valeur de contrainte obtenue en appliquant ladite mesure,
- à attribuer audit signal à transmettre une fréquence porteuse appartenant à un desdits ensembles de fréquences qui est associé à une valeur de contrainte au moins égal à la valeur de contrainte affectée audit signal à transmettre.

Un des paramètres de contrainte peut être une valeur de distance de transmission que doit parcourir le signal sans bénéficier d'une régénération individuelle. Un autre paramètre peut être une valeur minimale de débit de transmission du signal, ou bien une valeur maximale de taux

d'erreurs imposée en réception du signal après sa transmission.

L'invention a aussi pour objet un réseau de transmission optique utilisant le multiplexage par  
5 répartition de fréquences optiques pour transmettre des signaux portés respectivement par des fréquences optiques porteuses appartenant à un peigne de fréquences optiques, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens de traitement aptes à attribuer des fréquences optiques porteuses aux  
10 signaux à transmettre conformément au procédé selon l'invention..

D'autres aspects et avantages de l'invention apparaîtront dans la suite de la description en référence aux figures.

15

- La figure 1 représente schématiquement un exemple de réseau transparent selon l'invention.

- La figure 2 représente un exemple de spectre d'un multiplex WDM observable en sortie d'un amplificateur  
20 optique.

- Les figures 3 et 4 sont des exemples de courbes représentant les variations du taux d'erreurs moyen en fonction de la longueur d'onde, respectivement pour deux peignes de fréquences différents utilisés pour constituer un  
25 multiplex.

- La figure 5 est un organigramme où sont représentées les principales étapes impliquées pour l'attribution des fréquences conformément au procédé selon l'invention.

30 Pour illustrer l'invention, la figure 1 montre une partie d'un réseau transparent 1 de type classique qui comporte une pluralité de nœuds N1 à N6 ainsi que des liaisons optiques entre nœuds L12, L23, ..., L56. Une liaison peut comporter un seul tronçon de fibre optique ou plusieurs  
35 tronçons couplés entre eux par l'intermédiaire d'amplificateurs optiques.

Selon l'exemple représenté, le nœud N1 est un nœud d'accès au réseau qui communique avec des terminaux émetteurs TX1, ..., TXi, ..., TXn. Le nœud N6 est également un nœud d'accès qui communique avec des terminaux récepteurs  
5 tels que RX.

Les nœuds du cœur du réseau N2 à N5 sont munis de commutateurs optiques spectraux et spatiaux aptes à aiguiller sélectivement les signaux reçus de nœuds amont vers des nœuds aval. Par exemple, le nœud N2 qui reçoit du  
10 nœud N1 un multiplex W peut coupler chacune de ses composantes spectrales S1, Si, Sn sélectivement vers l'une des liaisons L23, L24, L25 en direction respectivement des nœuds N3, N4, N5.

Dans l'exemple représenté, le réseau est géré de façon  
15 centralisée par un contrôleur de réseau 2. Le contrôleur 2 est essentiellement constitué d'une unité de traitement 3 coopérant avec une mémoire 4. L'unité 3 peut communiquer avec les nœuds au moyen de liaisons de contrôle symbolisées par des lignes en pointillés fléchées. Ces liaisons  
20 permettent au contrôleur 2 de recevoir en permanence des nœuds d'accès l'ensemble des requêtes de transmission de signaux dans le réseau et de commander en conséquence les commutateurs des nœuds de façon à imposer à chacun de ces signaux une fois émis de suivre un itinéraire choisi en  
25 fonction de données relatives à la topologie du réseau et à l'ensemble des requêtes. Ces données sont rassemblées sous la forme d'une table de routage 4a contenue dans la mémoire 4.

Par exemple, si des signaux ei, en issus des  
30 terminaux émetteurs TX1, TXi, TXn doivent être transmis à des terminaux récepteurs respectifs tel que RX, le nœud d'accès N1 devra les convertir sous la forme de signaux optiques S1, Si, Sn et élaborer un multiplex W les comportant. Auparavant, le nœud N1 émet vers le contrôleur 2  
35 une requête qui contient des informations relatives au signaux, et en particulier leurs destinations. En fonction



de cette requête et compte tenu d'éventuelles autres requêtes provenant d'autres nœuds d'accès, le contrôleur 2 pilote les commutateurs des nœuds à travers lesquels notamment les signaux optiques  $S_1$ ,  $S_i$ ,  $S_n$  du multiplex W  
5 devront transiter de façon à ménager des liaisons optiques ininterrompues entre le nœud  $N_1$  et les nœuds d'accès aux terminaux récepteurs respectifs. Dans cet exemple, on voit que pour accéder au terminal récepteur RX plusieurs itinéraires sont possibles :  $N_1-N_2-N_3-N_4-N_6$ , ou  $N_1-N_2-N_4-N_6$ ,  
10 ou  $N_1-N_2-N_5-N_6$ .

Jusqu'ici, tous les éléments du réseau mentionnés sont de type classique et ne nécessitent donc pas d'être développés plus en détail.

La mise en œuvre du procédé selon l'invention va  
15 maintenant être exposée à l'aide d'abord des figures 2 à 4 illustrant l'exemple d'un réseau conçu pour supporter les fréquences porteuses de la bande C couvrant les longueurs d'onde comprises entre 1530 et 1560 nm.

On a pris le cas particulier où les fréquences  
20 porteuses des canaux appartiennent à une grille standard de fréquences dont le pas, c'est-à-dire l'écart entre les fréquences de deux canaux voisins, vaut 100 GHz (correspondant à un écart entre les longueurs d'onde d'environ 0,8 nm). L'exemple s'applique en outre à un réseau  
25 utilisant la commutation de bandes, où pour faciliter les opérations de démultiplexage par bandes, les fréquences porteuses utilisables sont celles qui appartiennent à un peigne organisé en 8 bandes de 4 fréquences, deux bandes adjacentes étant espacées d'une largeur spectrale égale à  
30 deux pas de la grille.

La figure 2 montre la courbe représentative du spectre d'un signal WDM utilisant le peigne indiqué ci-dessus, tel qu'on peut l'observer en sortie d'un amplificateur d'émission usuel. Ce spectre exprime ici les variations de  
35 la densité spectrale de puissance  $P_s$  exprimée en dB en fonction de la longueur d'onde  $\lambda$  exprimée en nm.

La figure fait apparaître des raies correspondant aux fréquences porteuses et montre qu'elles prennent naissance à partir d'une courbe  $P_b$  correspondant au bruit produit par l'amplificateur. D'après la forme du spectre, on peut  
5 constater que le rapport signal à bruit des canaux transmis augmente avec la longueur d'onde, ce qui permet d'en déduire qu'en réception après une transmission dans des conditions données les signaux portés par les basses longueurs d'onde présenteront un taux d'erreurs supérieur à ceux des signaux  
10 portés par des longueurs d'onde plus élevées. Cet exemple démontre que les fréquences porteuses n'ont pas des efficacités identiques.

Plus généralement, on pourra établir pour un réseau donné et pour chaque fréquence d'un peigne donné la moyenne  
15 des valeurs de taux d'erreurs, dit "taux d'erreurs moyen" MER, que présentent les signaux reçus après transmissions dans le réseau et portés par cette fréquence. Cette moyenne peut être estimée expérimentalement par une méthode statistique prenant en compte des mesures de taux d'erreurs  
20 de signaux de test portés par chaque fréquence et transmis par diverses liaisons et itinéraires prédéfinis du réseau.

Cette évaluation permettra alors de définir la relation entre le taux d'erreurs moyen MER et la fréquence porteuse (ou la longueur d'onde).

25 La figure 3 montre dans le cas du peigne précédent un exemple de courbe représentative d'une telle relation. La courbe représente les variations du taux d'erreurs moyen MER en fonction de la longueur d'onde  $\lambda$  exprimée en nm, les longueurs d'onde du peigne étant symbolisées par des flèches  
30 verticales disposées le long de l'axe des longueurs d'onde.

Selon l'invention, en choisissant alors plusieurs plages de valeurs consécutives de taux d'erreurs, on constitue autant d'ensembles de fréquences optiques du peigne tels que chacun de ces ensembles soit constitué de  
35 fréquences appartenant à une même gamme de performance,

c'est-à-dire qui assurent un taux d'erreurs moyen MER compris dans la plage associée.

Ainsi, dans l'exemple représenté par la figure 3, on a choisi quatre plages de valeurs croissantes de taux d'erreurs P1, P2, P3 et P4 qui permettent de définir quatre ensembles de fréquences E1, E2, E3 et E4 qui regroupent respectivement 16, 8, 4 et 4 fréquences du peigne décrit précédemment.

Il est à noter que le résultat obtenu dépend généralement du peigne de fréquences utilisé car le taux d'erreurs moyen MER d'une fréquence porteuse peut être influencé par la présence des autres fréquences porteuses dans le même multiplex. Cela est dû aux interactions possibles entre canaux voisins causés par des phénomènes non linéaires tels que le "mélange à quatre ondes" ("FWM", de l'anglais "four-waves mixing") ou la modulation de gain croisée ("cross gain modulation" en anglais). Les diaphonies qui en résultent sont d'autant plus pénalisantes que les puissances optiques sont élevées et que l'espacement spectral entre les canaux est réduit.

Ce phénomène est illustré par la figure 4 dans le cas d'un peigne différent du précédent, dont les longueurs d'onde, toujours symbolisées par des flèches verticales, sont plus espacées pour les basses longueurs d'onde. On obtient alors une courbe (en trait plein) représentant les variations du taux d'erreurs moyen MER en fonction de la longueur d'onde  $\lambda$  qui diffère de la courbe précédente (en pointillés) : le taux d'erreurs moyen des basses longueurs d'onde est amélioré.

Ainsi, en prenant les mêmes plages de valeurs de taux d'erreurs P1 à P4 que précédemment, on n'obtient plus que deux ensembles de fréquences non vides E1 et E'2. L'ensemble E1 associé à la plage P1 est inchangé. Par contre la plage P2 est associée à un nouvel ensemble E'2 comportant 10 fréquences.

On pourra donc définir pour chaque peigne envisageable N ensembles de fréquences, le nombre N étant bien sûr fonction du peigne considéré et des plages de valeurs de taux d'erreurs qui ont été choisies. Les informations  
5 identifiant pour le ou les peigne(s) choisi(s) les fréquences des différents ensembles sont alors stockées dans la mémoire 4 du contrôleur 2 sous la forme d'une table correspondante 4c.

Pour optimiser conformément à l'invention  
10 l'utilisation du réseau, ces N ensembles pris par ordre décroissant des valeurs de taux d'erreurs des N plages associées vont alors correspondre respectivement à N valeurs distinctes pouvant être prises par le niveau de contrainte des signaux. Le cas le plus simple de mise en œuvre de  
15 l'invention est celui correspondant à la figure 4 où on ne prévoit que deux ensembles de fréquences ( $N = 2$ ), donc seulement deux valeurs de contrainte distinctes. Le procédé consistera alors simplement à attribuer aux signaux dont la valeur de contrainte est haute exclusivement des fréquences  
20 de l'ensemble E1 associé à la plage P1 des plus faibles taux d'erreurs. Les signaux dont la valeur de contrainte est basse se verront attribuer en priorité des fréquences de l'ensemble E'2 associé à la plage P2 des plus forts taux d'erreurs, sans exclure la possibilité de leur attribuer des  
25 fréquences de l'autre ensemble.

D'une façon générale, un niveau de contrainte VC est représentatif d'un niveau de performance minimal imposé à la transmission d'un signal. Selon le réseau considéré, le niveau de contrainte d'un signal peut dépendre de divers  
30 paramètres de contrainte qui contribuent chacun à élever ce niveau de performance minimal.

Un cas simple est celui où le débit et un taux d'erreurs maximal imposé sont les mêmes pour tous les signaux. Le niveau de contrainte VC est alors  
35 essentiellement fonction de la distance de transmission qui en pratique peut donc constituer le seul paramètre de

contrainte à prendre en compte. En reprenant l'exemple précédent de la figure 4, la règle d'attribution des fréquences revient simplement à fixer une valeur limite de distance de transmission et à attribuer aux signaux à 5 transmettre sur une distance supérieure ou égale à cette valeur limite une des longueurs d'onde de l'ensemble E1 exclusivement, et à attribuer aux signaux à transmettre sur une distance inférieure à cette valeur limite une des longueurs d'onde de l'ensemble E'2 ou éventuellement E1. La 10 valeur limite de distance est une valeur de distance intermédiaire entre les distances de transmission minimale et maximale possibles dans le réseau. Elle pourrait être choisie de façon approximative ou si possible expérimentalement pour qu'elle constitue une valeur optimale 15 statistiquement.

Si en plus le réseau est utilisé pour transmettre des signaux ayant des débits différents, le débit sera un autre paramètre de contrainte. Ceci conduit à définir une fonction G de la distance de transmission et du débit, et permettant 20 d'évaluer un niveau de contrainte résultant VC. Cette fonction peut prendre N valeurs correspondant aux N valeurs de contrainte et être définie expérimentalement de sorte que chaque fréquence appartenant à celui des N ensembles de fréquences qui est associé à une de ces valeurs contrainte 25 permette à tout signal ayant cette même valeur de contrainte et porté par cette fréquence d'être transmis sur la distance de transmission imposée, avec son débit imposé et avec un taux d'erreurs au plus égal au taux maximal imposé.

On peut identifier d'autres paramètres qui dépendent 30 d'options fonctionnelles prévues dans le réseau. Notamment, si les signaux peuvent appartenir à différentes classes de service imposant différentes valeurs maximales admissibles de taux d'erreurs en réception, cette classe de service ou ce taux d'erreurs maximal constitue aussi un paramètre de 35 contrainte à prendre en compte dans la définition de la fonction G.



Les N valeurs que peut prendre la fonction G correspondent donc respectivement aux N valeurs de contrainte distinctes VC1-VCN qui, prises par ordre croissant, correspondent respectivement aux N ensembles de fréquences pris par ordre décroissant des valeurs de taux d'erreurs des N plages associées.

Cette fonction G peut prendre simplement la forme d'une table 4b stockées dans la mémoire 4 du contrôleur 2 et adressable en fonction des paramètres de contrainte à prendre en compte. A chaque adresse correspond alors une donnée représentative d'une valeur de contrainte correspondante VC.

On peut aussi créer la fonction G à partir d'une fonction analytique à une ou plusieurs variables, comme par exemple une fonction polynomiale, les N valeurs que peut prendre la fonction G étant des valeurs d'arrondis de la fonction analytique. Avec les paramètres de contrainte cités ci-dessus, cette fonction analytique sera une fonction croissante de la distance et du débit et décroissante de la valeur maximale de taux d'erreurs admissible.

En résumé, dans le cas général, l'attribution des fréquences optiques porteuses aux signaux à transmettre consistera alors :

- à affecter à tout signal à transmettre une valeur de contrainte obtenue en appliquant la fonction G au(x) paramètre(s) de contrainte du signal,

- à attribuer à ce signal une des fréquences porteuses appartenant à un des ensembles de fréquences qui est associé à une valeur de contrainte au moins égal à la valeur de contrainte affectée à ce signal à transmettre.

La mise en œuvre pratique du procédé selon l'invention se fera au moyen d'un programme approprié exécutable par l'unité de traitement 3, ce programme utilisant en particulier la table 4c où sont identifiées pour chaque nœud d'accès les fréquences de chacun des N ensembles, et la fonction G matérialisée par exemple par la table 4b.

Les principales étapes d'un exemple d'algorithme de programme sont représentées à la figure 5 sous la forme d'un organigramme. Dans cet exemple, les paramètres de contrainte d'un signal sont sa distance de transmission L, son débit DR et la valeur maximale ER de taux d'erreurs correspondant à sa classe de service.

Il est supposé qu'un peigne de fréquences utilisables dans le réseau a été défini et que l'unité a mis à jour la table de routage 4a en fonction de l'ensemble des requêtes reues du réseau.

Pour chaque nœud d'accès ayant émis une requête d'émission WDM, le processus d'attribution des fréquences pour cette requête débute à l'étape 5a par la prise en compte des informations utiles relatives respectivement aux signaux individuels  $S_1$ ,  $S_i$ ,  $S_n$  devant constituer le multiplex.

Pour chaque signal  $S_i$ , de ces informations l'étape 5b extrait celles qui permettent de déterminer les paramètres de contrainte : sa destination DEST, son débit DR, sa classe de service donc sa valeur maximale ER de taux d'erreurs. Le débit DR et la valeur maximale ER de taux d'erreurs constituent directement des paramètres de contrainte.

La distance de transmission L est déterminée à l'étape 5d après que l'étape 5c a choisi un itinéraire pour la destination DEST, en fonction des données contenues dans la table de routage 4a.

L'étape 5e consiste à déterminer à l'aide de la fonction G le niveau de contrainte  $VC = G(L, DR, ER)$  du signal  $S_i$ . Le niveau obtenu est une des N valeurs de contrainte  $VC_1-VC_N$  possibles qui permet à l'étape 5f de déterminer grâce à la table 4c les fréquences attribuables au signal  $S_i$ , c'est-à-dire les fréquences de l'ensemble associé soit à la valeur de contrainte obtenue, soit à un des ensembles associés à des valeurs de contrainte supérieures à celle-ci.

L'étape 5g vérifie s'il existe au moins une fréquence attribuable disponible. Dans l'affirmative, l'étape 5h attribue une de ces fréquences au signal  $S_i$ . La table 4c est alors accédée pour mettre à jour un indicateur associé au nœud d'accès considéré et à la fréquence attribuée signalant que celle-ci n'est plus disponible. Le processus se poursuit par un retour à l'étape 5b pour traiter le cas du signal suivant  $S_{i+1}$ .

S'il avait été constaté à l'étape 5g qu'aucune fréquence attribuable n'est disponible, selon une première possibilité, l'émission du signal  $S_i$  est simplement suspendue dans l'attente d'une requête d'envoi WDM ultérieure. Selon une autre possibilité optionnelle, le processus revient à l'étape 5c pour rechercher un autre itinéraire impliquant une distance de transmission  $L$  inférieure.

Après avoir pris en compte tous les signaux à émettre par le nœud d'accès et attribué si possible des fréquences correspondantes, l'unité de traitement 3 en informe le nœud qui peut ensuite constituer le multiplex et procéder à son émission. Le même processus se répète pour chaque nœud d'accès du réseau qui a émis une requête d'émission.

Bien entendu, l'algorithme qui vient d'être présenté peut faire l'objet de nombreuses variantes. Avantageusement, on peut par exemple prévoir la possibilité d'utiliser plusieurs peignes de fréquences et par conséquent plusieurs tables 4c associées. On peut alors exploiter le fait qu'en jouant sur les espacements entre les fréquences, les différentes grilles obtenues offrent des possibilités variables en termes de qualité ou de compacité spectrale. Pour être efficace par rapport à un espacement régulier calé sur une grille de fréquences, un choix d'espacements différents doit être tel qu'une compacité spectrale moindre soit compensée par des performances accrues.

Plus précisément, il convient que si les fréquences du peigne appartiennent à une grille de fréquences optiques



spectralement espacées de façon régulière selon un pas donné, les fréquences du peigne soient spectralement espacées de façon irrégulière de sorte que le nombre de fréquences appartenant à au moins un des N ensembles de 5 fréquences associé à une plage de valeurs de taux d'erreurs parmi les plus élevées soit inférieur au nombre de fréquences appartenant à l'ensemble de fréquences associé à cette même plage de valeurs de taux d'erreurs obtenu lorsque 10 les fréquences du peigne sont espacées de façon régulière selon ce pas. En suivant cette règle consistant à augmenter l'espacement des fréquences initialement les moins performantes, on augmentera le nombre de fréquences plus performantes.

Notons enfin que les niveaux VC de contrainte 15 mentionnés précédemment et les N valeurs distinctes  $VC1-VCN$  de niveau ne servent qu'à établir une hiérarchie dans l'importance globale des contraintes imposées par les signaux. Les valeurs  $VC1-VCN$  ne sont pas nécessairement des valeurs numériques ayant d'autres significations que 20 l'identification d'un rang dans la hiérarchie des contraintes. C'est le cas en particulier si la fonction G est matérialisée par une table 4b adressable en fonction des paramètres de contrainte. Chaque donnée de la table sera simplement représentative d'un rang parmi N permettant de 25 pointer vers une zone de la table 4c contenant l'identité des fréquences de l'ensemble de fréquences correspondant à ce rang.

## Revendications

- 1/ Procédé pour attribuer des fréquences optiques porteuses à des signaux ( $S_1-S_n$ ) à transmettre dans un réseau (1) de transmission optique utilisant le multiplexage par répartition de fréquences optiques, lesdites fréquences appartenant à un peigne de fréquences optiques, les signaux reçus après transmissions dans ledit réseau et portés par une fréquence porteuse donnée présentant un taux d'erreurs moyen (MER) qui dépend de ladite fréquence porteuse donnée, un ou plusieurs paramètre(s) de contrainte de transmission ( $L, DR, ER$ ) étant associé(s) à tout signal à transmettre, caractérisé en ce qu'il consiste :
- à associer  $N$  ensembles ( $E_1-E_4$ ) de fréquences optiques du peigne respectivement à  $N$  plages ( $P_1-P_4$ ) de valeurs consécutives de taux d'erreurs, chacun de ces ensembles ( $E_1-E_4$ ) étant constitué de fréquences assurant un taux d'erreurs moyen (MER) compris dans la plage associée,
  - à définir une mesure de niveau (VC) de contrainte de transmission des signaux, cette mesure étant fonction ( $G$ ) dudit ou desdits paramètre(s) de contrainte de transmission ( $L, DR, ER$ ) et pouvant prendre  $N$  valeurs distinctes ( $VC_1-VC_N$ ), dites valeurs de contrainte,
  - à associer ces  $N$  valeurs de contrainte ( $VC_1-VC_N$ ) prises par ordre croissant respectivement auxdits  $N$  ensembles ( $E_1-E_4$ ) de fréquences pris par ordre décroissant des valeurs de taux d'erreurs des  $N$  plages associées,
  - à affecter à tout signal à transmettre ( $S_1-S_n$ ) une valeur de contrainte obtenue en appliquant ladite mesure,
  - à attribuer audit signal à transmettre ( $S_1-S_n$ ) une fréquence porteuse appartenant à un desdits ensembles de fréquences qui est associé à une valeur de contrainte au moins égal à la valeur de contrainte affectée audit signal à transmettre.

2/ Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'un paramètre de contrainte d'un signal est une valeur de distance de transmission que doit parcourir le signal sans bénéficier d'une régénération individuelle.

5

3/ Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce qu'un paramètre de contrainte d'un signal est une valeur minimale de débit de transmission du signal.

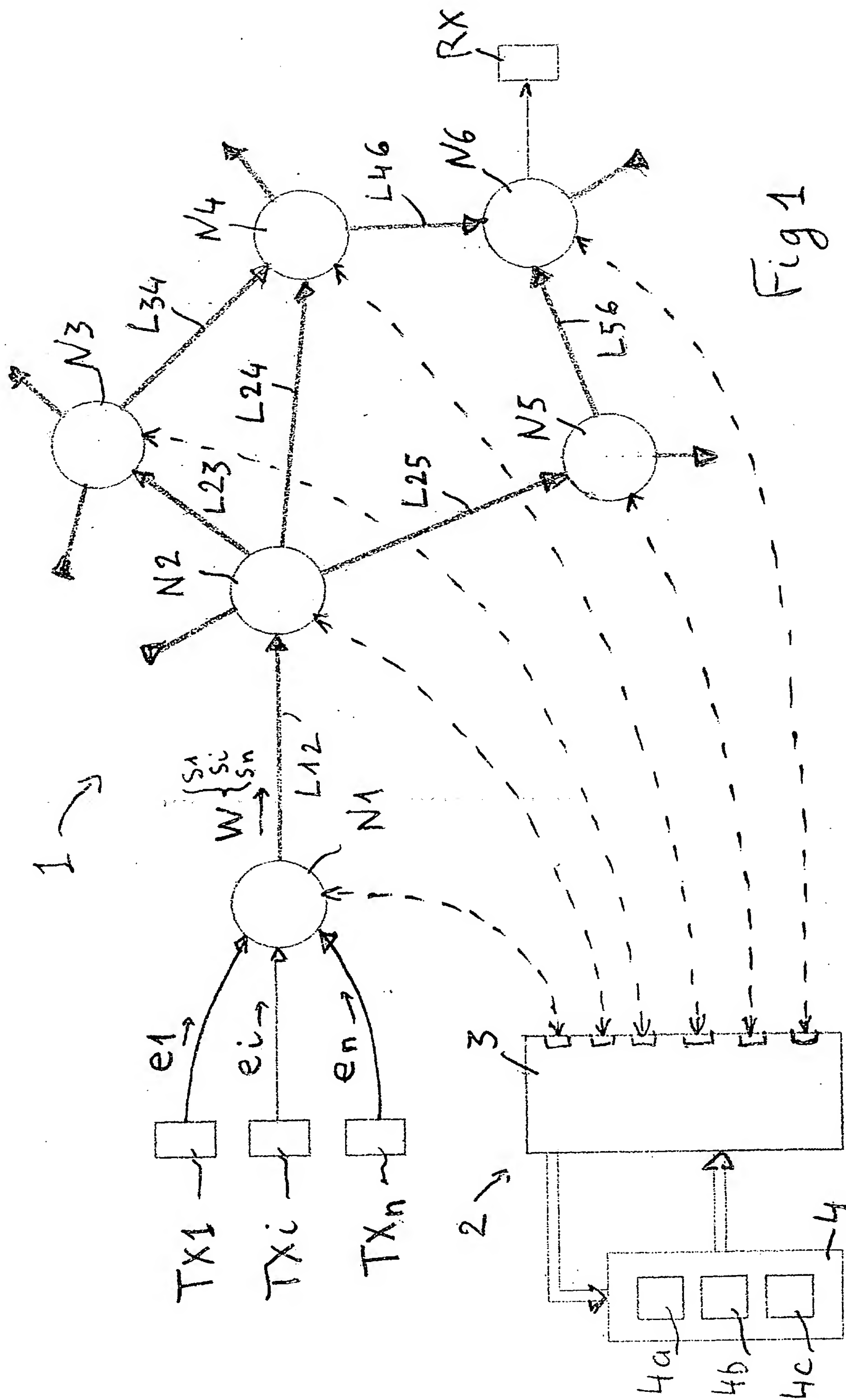
10 4/ Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'un paramètre de contrainte d'un signal est une valeur maximale de taux d'erreurs imposée en réception du signal après sa transmission.

15 5/ Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que les fréquences du peigne appartenant à une grille de fréquences optiques spectralement espacées de façon régulière selon un pas donné, lesdites fréquences du peigne sont spectralement espacées de façon irrégulière de sorte  
20 que le nombre de fréquences appartenant à au moins un desdits N ensembles de fréquences associé à une plage de valeurs de taux d'erreurs parmi les plus élevées soit inférieur au nombre de fréquences appartenant à l'ensemble de fréquences associé à cette même plage de valeurs de taux  
25 d'erreurs obtenu lorsque les fréquences du peigne sont espacées de façon régulière selon ledit pas.

6/ Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que ladite mesure est réalisée au moyen d'une table  
30 adressable en fonction dudit ou desdits paramètre(s) de contrainte de transmission (L, DR, ER).

7/ Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que ladite mesure est réalisée au moyen d'une fonction  
35 analytique dudit ou desdits paramètre(s) de contrainte de transmission (L, DR, ER).

8/ Réseau de transmission optique utilisant le multiplexage par répartition de fréquences optiques pour transmettre des signaux ( $S_1-S_n$ ) portés respectivement par des fréquences optiques porteuses appartenant à un peigne de fréquences optiques, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens de traitement (2) aptes à attribuer des fréquences optiques porteuses aux signaux ( $S_1-S_n$ ) à transmettre conformément au procédé selon l'une des revendications 1 à 7.



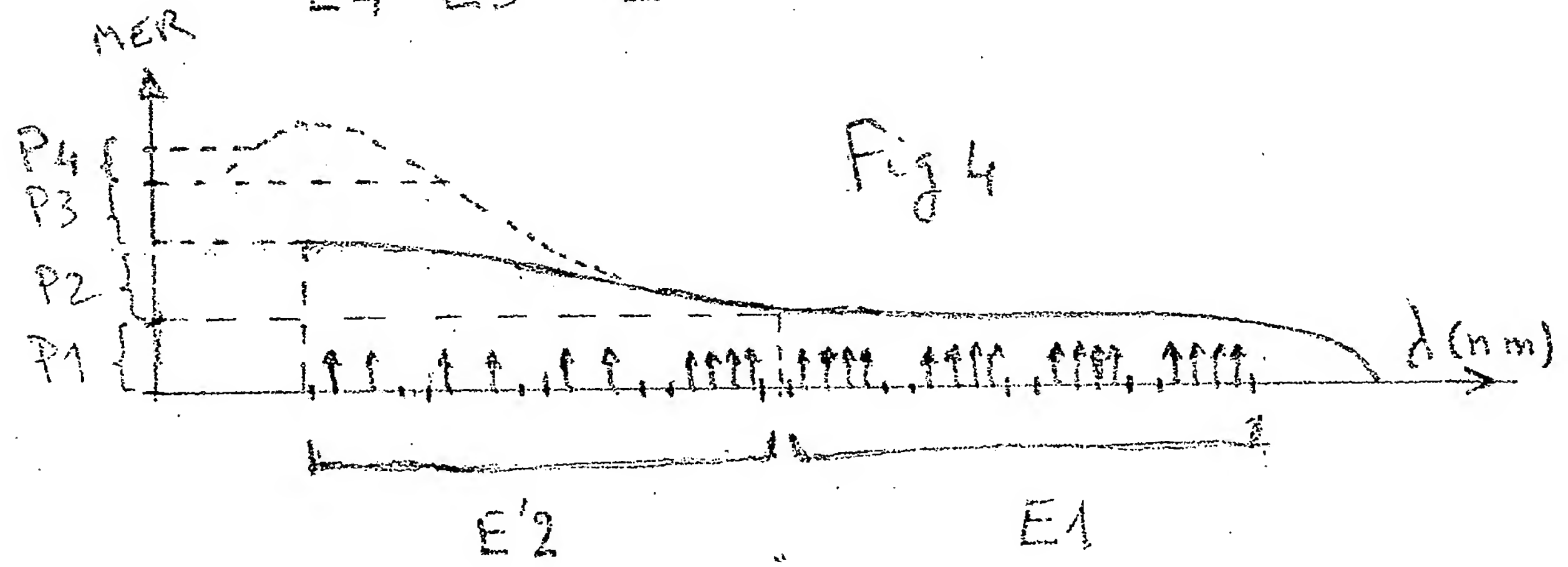
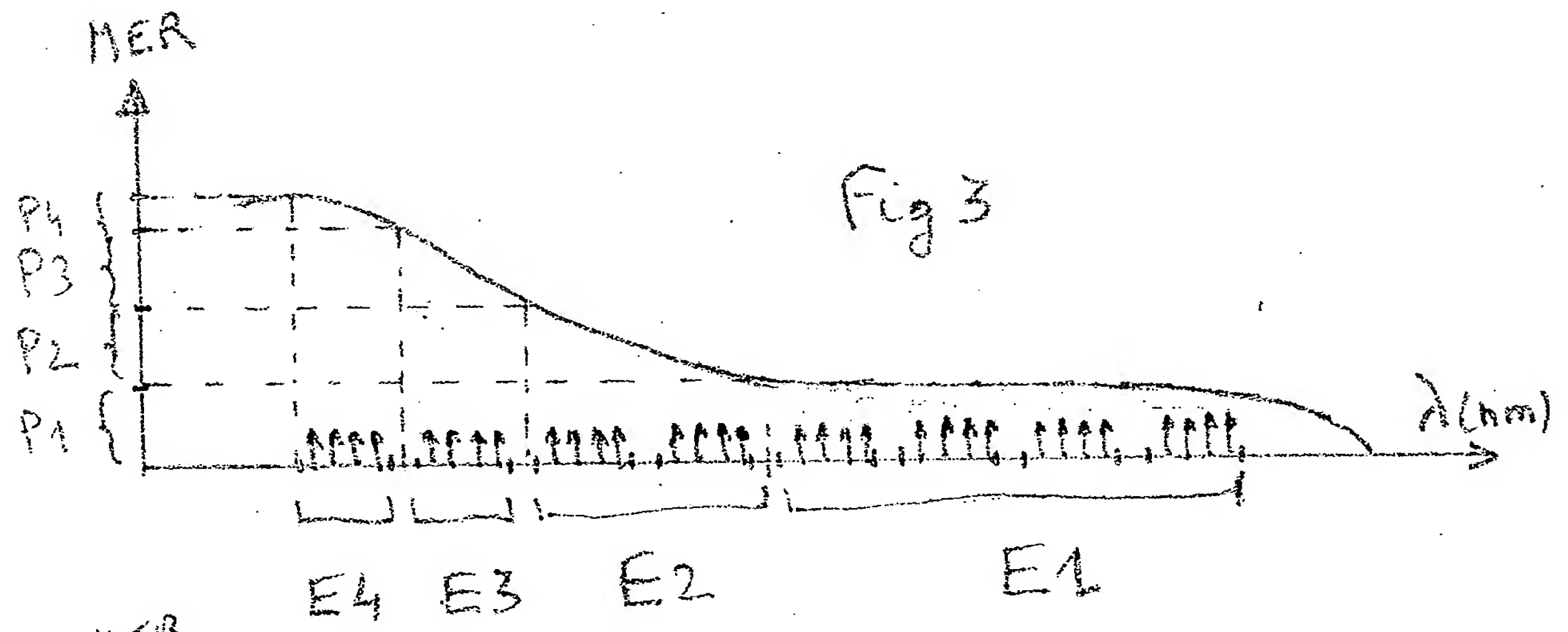
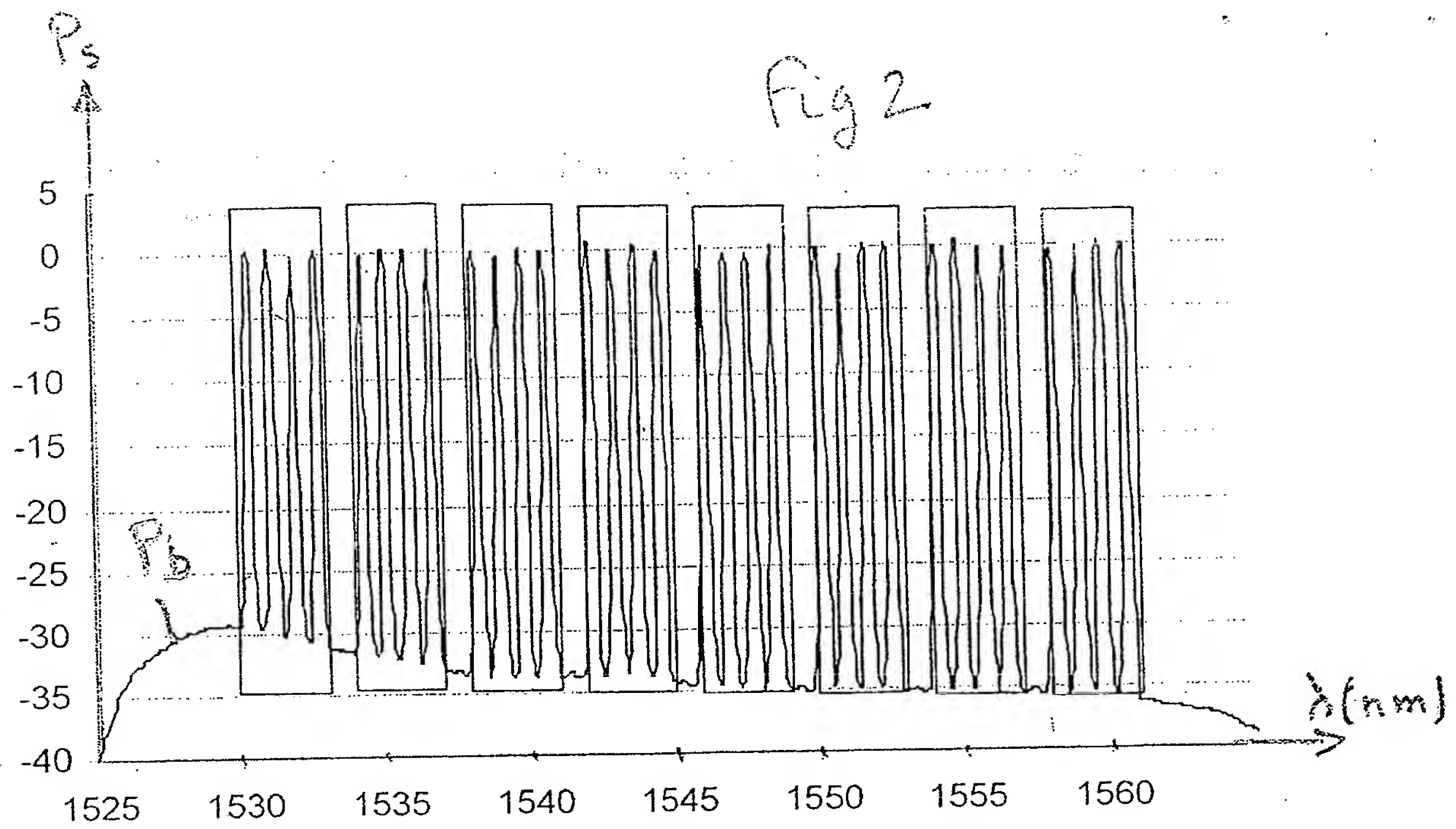
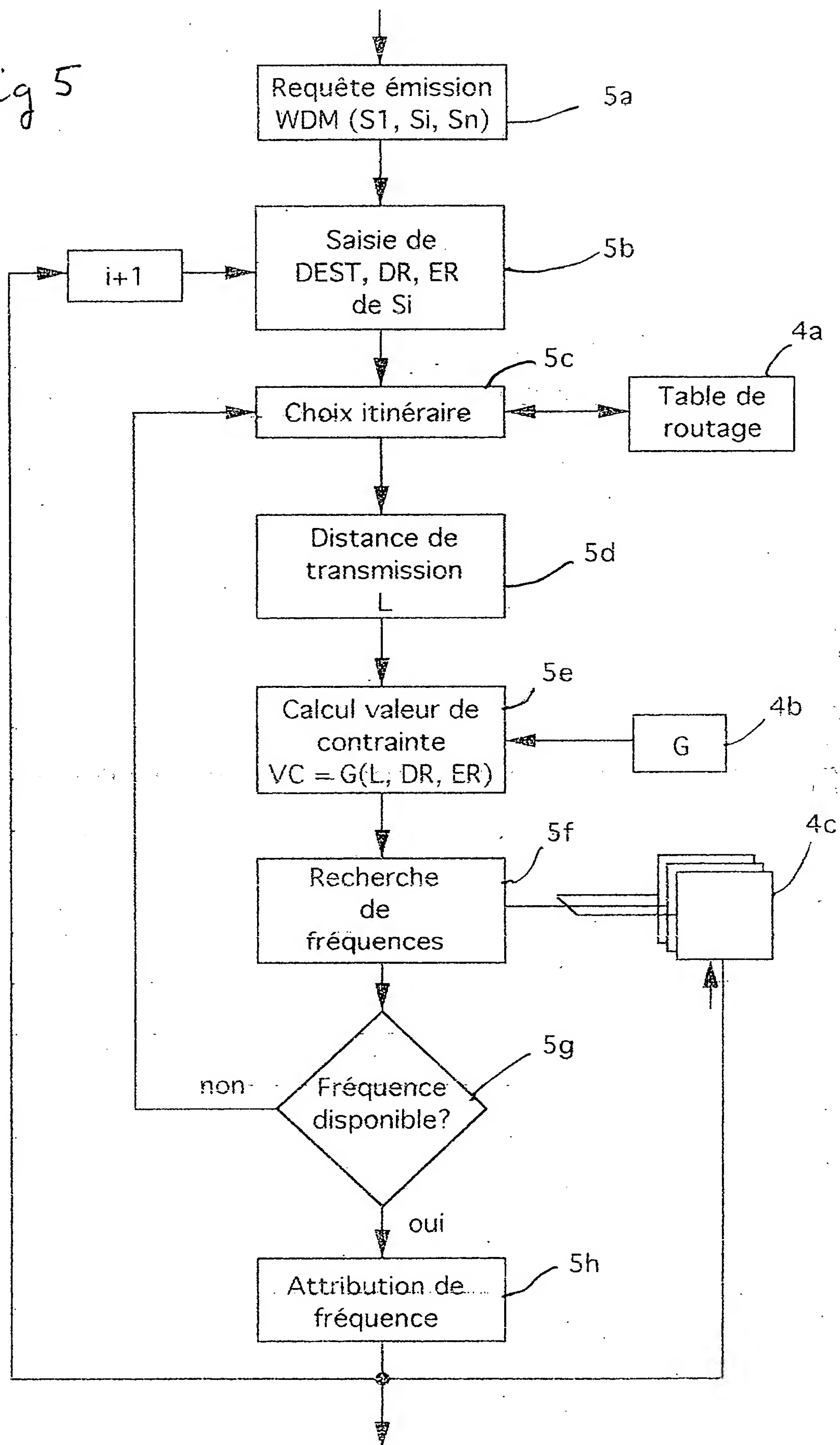


Fig 5







DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

reçue le 09/04/03

**BREVET D'INVENTION**

**CERTIFICAT D'UTILITÉ**

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11 235\*02

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° .1./1..

(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 W / 260891

Vos références pour ce dossier (facultatif)		104298/RF/OTND/TPM	
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL		0302444 18	
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) PROCEDE D'ATTRIBUTION DE FREQUENCES PORTEUSES DANS UN RESEAU DE TRANSMISSION OPTIQUE			
LE(S) DEMANDEUR(S) :  Société anonyme <b>ALCATEL</b>			
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) : (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).			
Nom		PENNINCKX	
Prénoms		Denis	
Adresse	Rue	5, RUE PASTEUR	
	Code postal et ville	91620 NOZAY, FRANCE	
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom		CHARLET	
Prénoms		Gabriel	
Adresse	Rue	4, ALLÉE DE L'ECOLE F	
	Code postal et ville	91190 VILLIERS LE BACLE, FRANCE	
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom		NOIRIE	
Prénoms		Ludovic	
Adresse	Rue	3, RUE DES MARAÎCHERS	
	Code postal et ville	91620 NOZAY, FRANCE	
Société d'appartenance (facultatif)			
DATE ET SIGNATURE(S) <del>XX DES DEMANDEURS</del> <del>XX DU MANDATAIRE</del> (Nom et qualité du signataire)		27 février 2003 Michel Robert FOURNIER 	

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire.  
Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.